



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 196 18 573 C 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
F 23 N 5/12  
F 23 N 1/02  
F 23 D 14/16

21 Aktenzeichen: 196 18 573.4-43  
22 Anmeldetag: 9. 5. 96  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 26. 6. 97

DE 196 18 573 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Stiebel Eltron GmbH & Co KG, 37603 Holzminden, DE

72 Erfinder:

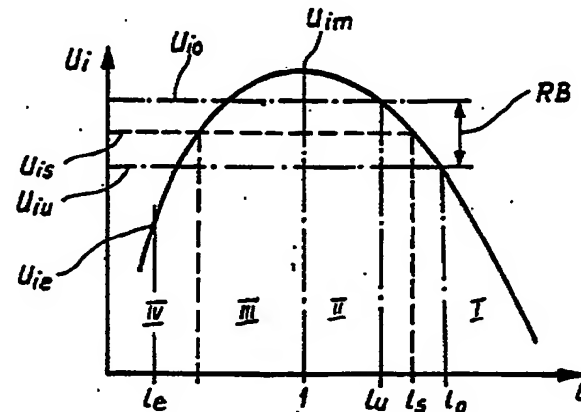
Nolte, Hubert, 37671 Höxter, DE; Herrs, Martin, 37671 Höxter, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 44 33 425 A1  
DE 39 37 290 A1

54 Verfahren und Einrichtung zum Betrieb eines Gasbrenners

57 Bei einem Verfahren zum Betrieb eines Gasgebläsebrenners wird von einer Regelschaltung ein von einer Ionisationselektrode abgeleitetes Ionisationssignal ( $U_i$ ) erfaßt und das Gas-Luftverhältnis auf einen Lambda-Sollwert  $> 1$  geregelt, dem ein Sollwert ( $U_{is}$ ) des Ionisationssignals entspricht. Um eine emissionsarme Verbrennung bei verschiedenen Betriebszuständen zu gewährleisten, wird ein Regelbereich des Ionisationssignals ( $U_i$ ) festgelegt, dessen oberer Grenzwert ( $U_{io}$ ) kleiner als der Maximalwert des Ionisationssignals ( $U_{im}$ ) ist und dessen unterer Grenzwert ( $U_{iu}$ ) über dem Wert liegt, der einen emissionsarmen Betrieb gewährleistet. Ein Abschaltssignal für den Brenner wird erzeugt, wenn das Ionisationssignal ( $U_i$ ) länger als eine vorgegebene Zeitdauer den zugelassenen Regelbereich (RB) verläßt. Beim Unterschreiten des unteren Grenzwerts ( $U_{iu}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) und beim Unterschreiten des Sollwerts ( $U_{is}$ ) bei einem Lambdawert  $< 1$  erhöht die Regelschaltung den Gasvolumenstrom bis zu einem Endwert, bei dessen Erreichen ein weiteres Abschaltssignal für den Brenner erzeugt wird.



DE 196 18 573 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Betrieb eines Gasbrenners mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Verfahren ist in der DE 39 37 290 A1 beschrieben. Dort liegt die Ionisationselektrode in einem Gleichstromkreis. Die Auswertung des Ionisationsstroms ist dabei problematisch.

In der DE 44 33 425 A1 ist zur Verbesserung der Auswertbarkeit des über die Ionisationselektrode fließenden Stromes auf diese eine Wechselspannung aufgeschaltet, der sich ein vom Strom der Ionisationselektrode abhängiger Gleichspannungsanteil überlagert. Es wird daraus eine Ionisationsspannung abgeleitet, die ein ausreichend genaues Abbild der jeweiligen Flammentemperatur und der Luftzahl Lambda (Gas-Luftverhältnis) ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren und eine Einrichtung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, um eine emissionsarme Verbrennung bei verschiedenen Betriebszuständen zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß ist obige Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst. Es ist dadurch erreicht, daß der Gasbrenner zumindest im Wobbezahlbereich von Erdgas (10 kWh/m<sup>3</sup> bis 15,6 kWh/m<sup>3</sup>) emissionsarm betrieben werden kann.

Außerdem ist erreicht, daß die Regelung die vom mit dem Gasbrenner arbeitenden Gasheizgerät zu erbringende Soll-Wärmeleistung nicht unerwünscht beeinflusst so daß das Gasheizgerät den Wärmebedarf mit der angeforderten Wärmeleistung decken kann.

Die Merkmale der Unteransprüche betreffen weitere Verbesserungen des Betriebsverfahrens bei verschiedenen Betriebszuständen und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Sie sind in der folgenden Beschreibung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen Regelkreis eines Gasgebläsebrenners für ein Gasheizgerät schematisch,

Fig. 2a eine Schaltung zur Gewinnung der Ionisationsspannung mit Ersatzschaltbild der Ionisationselektrode,

Fig. 2b zugehörige Spannungsverläufe,

Fig. 3 die Ionisationsspannung in Abhängigkeit von der Luftzahl Lambda,

Fig. 4 ein Gas-Zeitdiagramm beim Brennerstart,

Fig. 5a ein Regeldiagramm für ein höher- und niederkalorisches Gas,

Fig. 5b ein Regeldiagramm bei einer niederen und höheren Heizleistung,

Fig. 6 eine Regelkennlinie,

Fig. 7 ein Diagramm einer Luftzahlsteuerung bei einem sehr niederkalorischen Gas,

Fig. 8 Zeitdiagramme beim Start eines Kalibriervorgangs.

An einen Brenner (1) eines Gasheizgeräts sind ein Gebläse (2) und eine Gasleitung (3) angeschlossen, in der ein Gasmagnetventil (4) oder ein anderes Gasregelventil liegt. Im Flammenbereich des Brenners (1) ist eine Ionisationselektrode (5) angeordnet, die an einer Auswerteschaltung (6) für den im Brennerbetrieb zwischen dem Brenner (1) und der Ionisationselektrode (5) fließenden Strom angeschlossen ist. Die Auswerteschaltung (6) weist insbesondere einen an der Netzwechselspannung liegenden Kondensator (C) und einen Widerstand (R) auf. Die Auswerteschaltung (6) bildet aus dem von der Verbrennung abhängigen Ionisationsstrom eine Ionisationsspannung (Ui), die an eine Regelschaltung (7)

gelegt ist. Die Auswerteschaltung (6) kann auch in die Regelschaltung (7) integriert sein.

Die Regelschaltung (7) steuert mittels eines Steuersignals (J), speziell Steuerstroms, den Öffnungsgrad des Gasmagnetventils (4). Zur Spannungsversorgung liegt an der Regelschaltung (7) die Netzwechselspannung. Sie erfaßt auch die Netzfrequenz und die Netzamplitude. Die Regelschaltung (7) ist beispielsweise durch einen digitalen PI-Regler, z. B. Mikroprozessor, verwirklicht.

Zur zwei- oder mehrstufigen Steuerung der Gebläsedrehzahl ist ein Steuerautomat (9) vorgesehen, wie er beispielsweise unter dem Handelsnamen "Furimat" marktbekannt ist. Mittels des Steuerautomaten (9) ist ein Sicherheitsventil (10) ein- und ausschaltbar, wogegen mit dem Gasmagnetventil (4) der Gasvolumenstrom stufenlos einstellbar ist. An den Steuerautomaten (9) ist ein Sollwertgeber (8) angeschlossen, der ein von einer Soll-Raumtemperatur und/oder einer Heizungsvorlauftemperatur und/oder einer Heizungsrücklauftemperatur und einer Außentemperatur abhängiges Signal an den Steuerautomaten (9) legt.

In der Gasleitung (3) liegt ein Gasdruckwächter (11), der über den Steuerautomaten (9) den Brennbetrieb bei ungenügendem Gasdruck abschaltet. In Reihe zum Gasdruckwächter (11) ist in die Regelschaltung (7) ein Abschalter (12) integriert, der im Falle der unten näher beschriebenen Regelabschaltungen und der Störabschaltungen den Brennbetrieb über den Steuerautomaten (9) unterbricht.

Über eine Leitung (13) gibt der Steuerautomat (9) bei jedem Einschalten einen Zündimpuls an eine Zündelektrode (14) des Brenners (1). Zur Flammenüberwachung ist die Ionisationselektrode (5) an den Steuerautomaten (9) gelegt (Leitung 15). Am mit der Netzspannung betriebenen Sicherheitsventil (10) ist diese abgegriffen und an die Regelschaltung (7) gelegt (Leitung 16). Ein Drehzahlkontrollsignal des Gebläses (2) liegt über eine Leitung (17) an dem Steuerautomaten (9) und der Regelschaltung (7).

Die Auswerteschaltung (6), die Regelschaltung (7) und der Steuerautomat (9) können auch in einem einzigen Schaltgerät integriert sein.

Die Einrichtung nach Fig. 1 ist vorteilhaft, weil der bewährte Steuerautomat (9) mit seinen Steuer- und Sicherheitsfunktionen für den Brenner (1) und das Gebläse (2) weiterverwendet werden kann. Die Regelschaltung (7) braucht nur das Gasmagnetventil (4) zu steuern. Die von ihr erzeugten Abschaltsignale werden von dem Steuerautomaten (9) ausgewertet. Es ist dabei möglich, schon bestehende, den Steuerautomaten (9) aufweisende Gasheizgeräte mit der Regelschaltung (7) nachzurüsten.

Fig. 2a zeigt die Auswerteschaltung (6), wobei die Ionisationselektrode (5) mit ihrem Ersatzschaltbild als Widerstand (Ri) und Diode (D) dargestellt ist. Parallel zu Ionisationselektrode (5 bzw. Ri, D) liegt ein Spannungsteiler aus Widerständen (R1, R2). Zwischen dem Netzanschluß (N) und dem Spannungsteiler (R1, R2) sowie der Ionisationselektrode (5; Ri, D) liegt der Kondensator (C). Infolge der Gleichrichterwirkung der Diode (D) verschiebt sich die Netzwechselspannung (Un) um einen Gleichspannungsanteil (Ug) zur Spannung (Ub) (vgl. Fig. 2b), die über den Spannungsteiler (R1, R2) als Uc erfaßt wird. Der Gleichspannungsanteil (Ug) wird danach mittels eines Tiefpasses bzw. durch Mittelwertbildung ausgefiltert und bildet die Ionisationsspannung (Ui) (Fig. 3). Der Tiefpaß bzw. Einrichtungen zur Mittelwertbildung sind in den Figuren nicht dargestellt. Sie

können in der Auswerteschaltung (6) oder in der Regelschaltung (7) vorgesehen sein. Zusätzlich kann vorgesehen sein, die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) entsprechend einer eventuellen Abweichung der Netzwechselspannung vom Normwert (230 V) zu korrigieren. Die Verwendung der Netzwechselspannung an der Auswerteschaltung (6) ist günstig, weil die Netzwechselspannung ohnehin vorliegt. Es könnte jedoch auch eine andere ausreichend große Wechselspannung verwendet werden.

Fig. 3 zeigt den Verlauf der Ionisationsspannung in Abhängigkeit von der Luftzahl Lambda ( $\lambda$ ) des Verbrennungszustandes. Bei stöchiometrischer Verbrennung ( $\lambda = 1$ ) tritt ein Maximum ( $U_{im}$ ) der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) auf. Bei unterstöchiometrischer Verbrennung ( $\lambda < 1$ ) und bei überstöchiometrischer Verbrennung ( $\lambda > 1$ ) sinkt die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) ab. Für eine emissionsarme Verbrennung ist ein Lambda-Sollwert ( $\lambda_s > 1$ ) zwischen 1,1 und 1,35, beispielsweise 1,15, erwünscht. Dem entspricht ein Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) (vgl. Fig. 3).

Es wird in der Regelschaltung (7) ein zugelassener Regelbereich (RB) für die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) mit einem oberen Grenzwert ( $U_{io}$ ) und einem unteren Grenzwert ( $U_{iu}$ ) vorgegeben. Der obere Grenzwert ( $U_{io}$ ) liegt unterhalb des Maximalwerts ( $U_{im}$ ). Der untere Grenzwert ( $U_{iu}$ ) liegt oberhalb des Endwertes ( $U_{ie}$ ), welcher sich einstellt, wenn der Lambda wert ( $\lambda$ ) sehr viel kleiner als 1 ist, das Luft-Gasgemisch also wegen maximaler Gaszufuhr bzw. minimaler Luftzufuhr so fett ist, daß die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist.

Die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) wird in sehr kurzen Zeitabständen, beispielsweise alle 50 bis 1000 ms, vorzugsweise etwa 100 ms, neu erfaßt. Es ist damit erreicht, daß die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) nie lange außerhalb des Regelbereichs (RB) liegen kann, wodurch über jeden Verbrennungsvorgang gesehen eine emissionsarme Verbrennung gewährleistet ist. Im Normalbetrieb bewegen sich die Werte der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) im zugelassenen Regelbereich, also zwischen  $U_{io}$  und  $U_{iu}$ , so daß der Lambda wert ( $\lambda$ ) entsprechend im Bereich ( $\lambda_o$  bis  $\lambda_u$ ) auf den Lambdasollwert ( $\lambda_s$ ) geregelt wird.

Wird der Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) unterschritten, dann öffnet die Regelschaltung (7) über das Steuersignal (J) das Gasmagnetventil (4) weiter, wodurch die Verbrennung in Richtung des Lambdasollwerts ( $\lambda_s$ ) gesteuert wird. Wird der Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) überschritten, dann steuert die Regelschaltung (7) das Gasmagnetventil (4) so an, daß die Gaszufuhr reduziert wird, wodurch der Lambda wert wieder zum Lambdasollwert ( $\lambda_s$ ) geregelt wird. Dies gilt für den Regelbereich (RB) und auch für Verbrennungszustände außerhalb des Regelbereichs (RB).

Wird der untere Grenzwert ( $U_{iu}$ ) der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) infolge eines Lambda wertes, der größer ist als  $\lambda_o$ , unterschritten, dann wird von der Regelschaltung (7) ein Zeitgeber aktiviert, der auch in der Regelschaltung selbst verwirklicht sein kann. In diesem Bereich I in Fig. 3 wird das Gasmagnetventil (4) weiter geöffnet, um wieder den Lambdasollwert ( $\lambda_s$ ) zu erreichen. Kommt die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) innerhalb der vom Zeitgeber vorgegebenen Zeitdauer, beispielsweise 3 s bis 10 s, insbesondere 5 s, wieder in den Regelbereich (RB), dann geschieht nichts weiteres. Der Brenner (1) läuft weiter und der Zeitgeber wird zurückgesetzt. Erreicht jedoch die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) in dieser Zeitdauer den Regelbereich nicht wieder, dann wird durch Öffnen des Abschaltes (12) ein Abschalt signal für den Brenner (1) erzeugt. Es erfolgt eine Regel-

abschaltung des Brenners (1). Der Brenner (1) wird eine kurze Zeit nach der Regelabschaltung, beispielsweise 5 bis 50 s, erneut gestartet. Tritt dann mehrmals, beispielsweise dreimal nacheinander, eine solche Regelabschaltung auf, dann wird der Brenner (1) nicht mehr automatisch neu gestartet, sondern es wird eine Störabschaltung durch Offenhalten des Abschaltes (12) durchgeführt und angezeigt, die sich nur durch einen besonderen Eingriff von außen aufheben läßt.

Sinkt die Luftzahl Lambda ( $\lambda$ ) so weit ab, daß die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) größer wird als der obere Grenzwert ( $U_{io}$ ) des Regelbereichs (RB), dann wird wieder der Zeitgeber aktiviert und das Steuersignal (J) (Modulationsstrom) für das Gasmagnetventil (4) so verändert, daß der Gasvolumenstrom bzw. der Gasdruck reduziert wird, um wieder den Lambdasollwert ( $\lambda_s$ ) zu erreichen. Dies geschieht im Bereich II und III der Fig. 3. Die Ausregelung bei  $U_i > U_{is}$  erfolgt aufgrund der weiter unten näher beschriebenen Regelkennlinie (vgl. Fig. 6) schneller als bei  $U_i < U_{is}$ . Bei  $U_{im}$  liegt die höchste Empfindlichkeit und damit schnellste Ausregelgeschwindigkeit. Die Luftzahl kann also nur kurz  $< \lambda_u$  bzw.  $< 1$  sein.

Wird jedoch die vom Zeitgeber vorgegebene Zeitdauer überschritten, dann tritt wieder ein Abschalt signal für den Brenner auf. Dieser wird nach einer Verzögerungszeit erneut gestartet und wie oben beschrieben erfolgt wenn das Abschalt signal dann wieder auftritt, eine Störabschaltung.

Wird aufgrund irgendwelcher Verhältnisse die Luftzahl  $\lambda$  soviel  $< 1$ , daß im Bereich IV die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) den Sollwert ( $U_{is}$ ) unterschreitet, dann hat dies — wie im Bereich I — eine Änderung des Steuersignals (J) zur Folge, durch die das Gasmagnetventil (4) weiter geöffnet wird, so daß die Luftzahl noch kleiner wird. Die Regelschaltung arbeitet nun mitkopplend (vgl. Bereich IV in Fig. 3). Aufgrund der hohen Abtastperiode (100 ms) und der regelungstechnischen Mitkopplung der Erfassung der Ionisationsspannung wird sehr schnell der Endwert ( $\lambda_e$ ) der Luftzahl ( $\lambda$ ) bzw. der Endwert ( $U_{ie}$ ) der Ionisationsspannung bzw. der Maximalwert des Steuersignals (J) erreicht, wobei das Gasmagnetventil (4) voll geöffnet ist. Ist der Maximalwert des Steuersignals erreicht, dann erfaßt dies die Regelschaltung (7) und aktiviert ein Abschalt signal für den Brenner. Dieses muß den Brenner nicht sofort abschalten. Es genügt auch, wenn der Brenner erst mit einer durch einen weiteren Zeitgeber vorgegebenen Verzögerungszeit, beispielsweise 5 s, abgeschaltet wird. Dies ist aus folgenden Grunde günstig:

Es ist nicht ausgeschlossen, daß das Gasmagnetventil (4) bei der Erhöhung des Modulationsstroms (J), der das Steuersignal ist, zunächst klemmt, so daß zwar der Modulationsstrom seinen Maximalwert annimmt, jedoch das Gasmagnetventil noch nicht weiter öffnet.

Innerhalb der Verzögerungszeit hat das Gasmagnetventil (4) Zeit, anzulaufen, wobei, wenn es dies tut, ein unnötiges Abschalten des Brenners vermieden ist.

Entsprechend wird auch das Auftreten des Minimalwerts des Steuersignals (J) elektronisch erfaßt und für eine Regelabschaltung ausgewertet. Dadurch wird ein Abschalten des Brenners (1) gewährleistet, wenn zwar der Minimalwert des Steuersignals (J) erreicht ist, jedoch das Gasmagnetventil (4) aus irgendwelchen Gründen nicht schließt.

In der Regelschaltung (7) ist eine Startgas-Rampe vorgegeben (vgl. Fig. 4), nach der in einer Sicherheitszeit (T) durch Ansteuerung des Gasmengenventils (4)

bei jedem Start des Brenners (1) der Gasdruck bzw. der Gasvolumenstrom von  $p_{min}$  stetig auf  $p_{max}$  erhöht wird.  $p_{min}$  und  $p_{max}$  sind so bemessen, daß bei jeder Wobbezahl der betreffenden Gasfamilie, beispielsweise Erdgas, der Brenner sicher startet.

Bei jedem Brennerstart läuft zunächst das Gebläse (2) auf eine konstante Drehzahl an. Nach einer Vorspülzeit für den Brennraum wird zum Zeitpunkt ( $t_0$ ) das Gasmagnetventil (4) zunehmend geöffnet. Bei einem höherkalorischen Gas ist zum Zeitpunkt ( $t_1$ ) (Gas 1) das optimale Gas-Luftgemisch erreicht, so daß die Zündung erfolgt. Die entsprechende Gasmagnetventilstellung bleibt zum Ende der Sicherheitszeit (T) aufrechterhalten. Erst danach setzt die oben beschriebene Regelung ein. Bei einem niederkalorischen Gas ist das zündfähige Gemisch beispielsweise erst zum Zeitpunkt ( $t_2$ ) erreicht. Es erfolgt dann die Zündung und diese Gasmagnetventilstellung wird bis zum Ende der Sicherheitszeit (T) beibehalten. Bei jeder Wobbezahl des jeweiligen Gases ist also die Zündung gewährleistet.

Die Regelschaltung (7) arbeitet als, vorzugsweise digitaler, PI-Regler, der die Ionisationsspannung mit einer Abtastperiode von beispielsweise den oben genannten 100 ms erfaßt und mit gleicher Frequenz den jeweils neuen Wert für das Steuersignal (J) berechnet. Die jeweilige Steuersignaländerung (dJ) setzt sich aus der durch den I-Regelteil verursachten Änderungen und dem gegenüber dem jeweils letzten Stellwert geänderten P-Regelanteil zusammen.

Bei einer bestimmten gewünschten Leistung des Brenners wird bei einem höherkalorischen Gas bei gleichem Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) (Gas 1 in Fig. 5a) ein kleineres Stellsignal ( $J_1$ ) erforderlich als bei einem niederkalorischen Gas (Gas 2 in Fig. 5a). Beim niederkalorischen Gas ist für  $U_{is}$  das höhere Steuersignal ( $J_2$ ) nötig (vgl. Fig. 5a). Dies berücksichtigt die Regelschaltung.

Ähnlich liegen die Verhältnisse auch, wenn der Brenner (1) in einer Leistungsstufe ( $S_1$ ) höherer Leistung und in einer Leistungsstufe ( $S_2$ ) kleinerer Leistung durch entsprechende Einstellung der Gebläsedrehzahl betrieben werden soll (vgl. Fig. 5b). Die Regelschaltung (7) erfaßt die Gebläsedrehzahl oder ermittelt die Last aus der Stellung des angeschlossenen Gasmagnetventils (4) über die Leitung (17) und stellt bei gleichem Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) in der größeren Leistungsstufe ( $S_1$ ) höhere Werte des Stellsignals (J) ein als in der niedrigeren Leistungsstufe ( $S_2$ ) (vgl. Fig. 5b).

Fig. 6 zeigt die Steuersignaländerung (dJ) in Abhängigkeit von der Regelabweichung (d) der jeweiligen Ionisationsspannung ( $U_i$ ) von der Ionisationssollspannung ( $U_{is}$ ). Es ist ersichtlich, daß bei gleich großen positiven und negativen Regelabweichungen (d) die Steuersignaländerung (dJ) bei positiven Regelabweichungen (oberhalb  $dp_1$ ) größer ist als bei gleichen negativen Regelabweichungen (unterhalb  $dn_1$ ). Fig. 6 zeigt auch, daß der P-Regelanteil erst ab einer bestimmten positiven bzw. negativen Regelabweichung ( $dp_1$ ,  $dn_1$ ) aktiv wird. Zwischen den Regelabweichungen ( $dn_1$  und  $dp_1$ ) erfolgt keine Steuersignaländerung (dJ). Dadurch ist gewährleistet, daß das Steuersignal (J) bei den unumgänglichen Streuungen der Meßwerte der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) nicht ständig geändert wird und damit auch das Gasmagnetventil (4) nicht bei jeder auch noch so kleinen oder noch so kurzen Regelabweichung, die auf den emissionsarmen Betrieb des Brenners praktisch ohne Einfluß ist, verstellt wird.

Der P-Regelanteil ist in Fig. 6 punktiert dargestellt.

Der I-Regelanteil ist mit durchgezogener Linie angedeutet. Bei negativen Regelabweichungen führt der I-Regelanteil zu einer längeren Nachstellzeit als bei positiven Regelabweichungen.

Dem Modulationsstrom (J) wird ein Wechselstrom, beispielsweise mit der Netzfrequenz von der Regelschaltung (7) überlagert. Die Amplitude des überlagerten Wechselstromanteils ist wesentlich kleiner als das Steuersignal (J) als solches, das beispielsweise zwischen 30 mA und 150 mA liegt. Durch den überlagerten Wechselstromanteil wird die durch den mechanischen Aufbau des Gasmagnetventils (4) bedingte Ventil-Hysterese verringert, so daß das Gasmagnetventil (4) auf Steuersignaländerungen (dJ) in beiden Richtungen schnell anspricht.

Wird dem Brenner ein nur sehr niederkalorisches Gas geliefert und läßt sich die Gebläsedrehzahl nicht absenken, um den Vollastbetrieb aufrechtzuerhalten, dann kann es selbst bei maximaler Öffnung des Gasmagnetventils (4) bzw. maximalem Steuersignal (J) dazu kommen, daß die Verbrennung abgeschaltet wird. Um dies zu vermeiden, also den Heizbetrieb aufrechtzuerhalten, wird für eine begrenzte Zeit ein höherer Wert der Luftzahl zugelassen. Dementsprechend erniedrigt die Regelschaltung für begrenzte Zeit den Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ). Die Verhältnisse sind in der Fig. 7 dargestellt. In der Regelschaltung (7) sind Schwellwerte ( $J_1$ ,  $J_2$ ) für das Steuersignal (J) vorgegeben. Tritt beim Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) niederkalorisches Gas auf, das zu einer Regelabschaltung der Verbrennung führen kann, dann vergrößert die Regelschaltung (7) zunächst das Steuersignal (J) in der beschriebenen Weise, um die Gaszufuhr entsprechend zu erhöhen. Wird jedoch der obere Schwellwert ( $J_1$ ) erreicht, dann erniedrigt die Regelschaltung (7) den Ionisationsspannungs-Sollwert auf  $U_{isn}$  (a in Fig. 7). Damit ist zwar eine geringfügige Erhöhung des Lambda-Werts verbunden, es ist jedoch sichergestellt, daß der Brenner (1) weiterbrennt. Das Steuersignal (J) wird sich dann wieder in Richtung des unteren Schwellwerts ( $J_2$ ) verkleinern, wenn das Gas nicht noch niederkalorischer wird (Pfeil b in Fig. 7), was zu einer Regelabschaltung oder zu einer Störabschaltung führen würde. Wird dann der untere Schwellwert ( $J_2$ ) erreicht, dann schaltet die Regelschaltung (7) (vgl. c in Fig. 7) wieder auf den ursprünglichen Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) zurück.

Im Betrieb können sich die Zusammenhänge zwischen der Ionisationselektrode (5) und dem vom Gasmagnetventil (4) eingestellten Gasstrom, beispielsweise durch Verbrennungsrückstände an der Ionisationselektrode (5) und/oder deren Verbiegen und/oder Verschleiß oder Ablagerungen im Gasmengenventil (4), verschieben. Es ist deshalb in die Regelschaltung (7) eine Kalibrierfunktion integriert. Die Kalibrierfunktion wird in regelmäßigen Intervallen, durch einen Ereigniszähler, beispielsweise Zähler der Ein- oder Abschaltvorgänge, oder durch einen Betriebsstundenzähler aktiviert. Während der Kalibrierung ist die beschriebene Regelfunktion abgeschaltet. Die Kalibrierung erfolgt vorzugsweise bei sich nicht ändernder Drehzahl des Gebläses (2), um den Einfluß des Gebläses (2) auf die Verbrennung zu unterdrücken. Günstig ist es, die Kalibrierung bei einer mittleren Drehzahl durchzuführen, um während der Kalibrierung nicht an Modulationsgrenzen des Steuersignals (J) zu stoßen. Die Kalibrierung kann auch während des Umschaltens des Gebläses (2) von der einen Leistungsstufe auf die andere Leistungsstufe erfolgen, da die Drehzahländerung im Vergleich zum Kalibriervor-

gang langsam ist, so daß die Drehzahl während des Kalibriervorgangs quasi konstant ist.

Der Kalibriervorgang wird zum Zeitpunkt ( $t_1$ ) (vgl. Fig. 8) vom Ereignis- oder Betriebsstundenzähler beim Übergang von der Vollaststufe auf die Teillaststufe des Gebläses (2) gestartet, wenn der abnehmende Modulationsstrom ( $I$ ) einen niedrigen Wert ( $I_k$ ) erreicht. Dieser Wert wird von der Regelschaltung abgespeichert; Es wird dann von der Regelschaltung (7) der Modulationsstrom ( $I$ ) und damit über das Gasmagnetventil (4) die Gaszufuhr erhöht, wodurch die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) entsprechend ansteigt. Zum Zeitpunkt ( $t_2$ ) erreicht die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) einen vorbestimmten Wert, beispielsweise 0,9  $U_{i\max}$ . Die Zeitspanne ( $t_1$  bis  $t_2$ ) dient dem Anfahren der Vorerwärmung der Ionisationselektrode (5). Ab dem Zeitpunkt ( $t_2$ ) wird bis zum Zeitpunkt ( $t_3$ ) der Modulationsstrom ( $I$ ) konstant gehalten. In dieser Zeitspanne ( $t_2$  bis  $t_3$ ) erhitzt sich die Ionisationselektrode (5) auf eine stabile Temperatur und gewährleistet dadurch reproduzierbare Meßwerte.

Nach dem Zeitpunkt ( $t_3$ ) wird der Modulationsstrom ( $I$ ) von der Regelschaltung (7) so weiter erhöht, daß der Maximalwert ( $U_{i\max}$ ) der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) überfahren wird. Dieser — neue — Maximalwert ( $U_{i\max}$ ) und/oder die sich in der Zeitspanne ( $t_3$  bis  $t_4$ ) ergebenden Meßwerte wird/werden zur Weiterverarbeitung im Kalibriervorgang gespeichert.

Der Modulationsstrom ( $I$ ) wird weiter erhöht bis die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) wieder um etwa 10% unter dem  $U_{i\max}$ -Wert liegt, was in Fig. 8 zum Zeitpunkt ( $t_4$ ) der Fall ist. In der Zeitspanne ( $t_3$  bis  $t_4$ ) ist der Lambda-wert der Verbrennung an sich ungünstig, was jedoch nicht ins Gewicht fällt, da diese Zeitspanne höchstens wenige Sekunden dauert.

Nach dem Zeitpunkt ( $t_4$ ) schaltet die Regelschaltung (7) unter Einbeziehung des zuvor gespeicherten Modulationsstromes ( $I_k$ ) wieder auf den oben beschriebenen Regelvorgang zurück. Dieser setzt ein, wenn sich beim Zeitpunkt ( $t_5$ ) die Ionisationsspannung ( $U_i$ ), der Modulationsstrom ( $I$ ) und der Gasdruck ( $p$ ) stabilisiert haben.

Aus dem gespeicherten — neuen — Maximalwert der Ionisationsspannung bzw. aus den in der Zeitspanne ( $t_3$  bis  $t_4$ ) gewonnenen Meßwerten leitet die Regelschaltung (7) einen entsprechend angepaßten neuen Sollwert für die Ionisationsspannung ( $U_{is}$ ) ab.

Aufgrund der genannten kurzen Abtastperiode der Regelschaltung (7) wird sich auch in der Zeitspanne ( $t_3$  bis  $t_4$ ) eine Serie von Meßwerten ergeben. Gegenüber den übrigen Meßwerten der Serie stark abweichende Meßwerte werden unterdrückt, weil sie auf externen elektrischen Störimpulsen beruhen können.

Um den Einfluß von nur vorübergehend auftretenden, zwar ungewöhnlichen, aber noch tolerierbaren Kalibrier- Meßwertserien zu vermindern, kann eine Mittelwertbildung zwischen der neuen Meßwertserie und den Meßwertserien vorhergehender Kalibriervorgänge vorgenommen werden.

Bevor mit dem neuen Kalibrierwert, der aus dem neuen Maximalwert der Ionisationsspannung oder aus der Meßwertserie abgeleitet sein kann, tatsächlich eine Neukalibrierung des Sollwertes der Ionisationsspannung ( $U_{is}$ ) vorgenommen wird, werden zwei Übergabekriterien von der Regelschaltung (7) geprüft.

Das erste Übergabekriterium erfaßt eine plötzliche Veränderung aller Komponenten des Regelkreises. Es ist erfüllt, wenn die Abweichung des neuen Kalibrierwertes von den früheren Kalibrierwerten ausreichend klein ist.

Das zweite Übergabekriterium erfaßt eine "schleichende Drift" des Systems (Brenner-Regelung), das bei Abweichung von den herstellerseitig vorgesehenen Werten ausreichend klein ist.

Nur wenn beide Übergabekriterien erfüllt sind, wird der Brennerbetrieb mit der Neukalibrierung fortgesetzt. Ist eines der Übergabekriterien nicht erfüllt, dann wird der Brennerbetrieb zunächst durch eine Regelabschaltung und nach mehrmaliger Wiederholung durch eine Störschaltung unterbrochen.

Die Abschaltvorgänge des Brenners (1) sind zusammenfassend folgende:

Der Steuerautomat (9) schaltet das Sicherheitsventil (10) und das Gebläse (2) in Abhängigkeit vom Wärmebedarf und dem Gasdruck in üblicher Weise ("normale Regelabschaltung").

Die Regelschaltung (7) führt durch zeitbeschränktes Öffnen des Abschalters (12) eine Regelabschaltung durch, wenn

- a) im Regelvorgang der Regelbereich (RB) bei positiven oder negativen Regelabweichungen länger als eine vorbestimmte Zeit, beispielsweise 5 s, verlassen wird oder
- b) im Regelvorgang der Maximalwert oder der Minimalwert des Steuersignals ( $I$ ) länger als eine vorbestimmte Zeit, beispielsweise 5 s, erreicht ist oder
- c) sich im Kalibriervorgang die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) während der Vorwärmzeit ( $t_2$  bis  $t_3$ ) der Ionisationselektrode (5) stark ändert oder
- d) im Kalibriervorgang der Maximalwert des Steuersignals ( $I$ ) erreicht wird oder
- e) im Kalibriervorgang das erste oder zweite Übergabekriterium nicht erfüllt wird.

Nach einer Regelabschaltung schaltet der Steuerautomat (9) den Brenner (1) erneut ein.

Die Regelschaltung (7) führt zu einer nur durch besondere Maßnahmen behebbaren Störschaltung, beispielsweise durch dauerhaftes Öffnen des Abschalters (12), wenn

- f) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige Regelabschaltung nach a erfolgte oder
- g) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige Regelabschaltung nach b erfolgte oder
- h) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige Regelabschaltung nach c, d, e erfolgte.

Die mehrmaligen Regelabschaltungen werden durch Zähler erfaßt. Die Zähler für die Regelabschaltung a, b, bzw. Störschaltungen f, g, werden durch jede "normale Regelabschaltung" des Steuerautomaten (9) zurückgesetzt. Der Zähler für die Regelabschaltungen c, d, e, bzw. Störschaltung h, wird bei einer gültigen Kalibrierung zurückgesetzt.

Die Störschaltung kann auch dadurch eingeleitet werden, daß die Regelschaltung (7) das Gasmagnetventil (4) mittels des Minimalwerts des Steuersignals ( $I$ ) schließt. Der Kontakt des Gasdruckwächters (11) bleibt dabei zunächst geschlossen. Der Steuerautomat (9) stellt dann über die Leitung (15) ein Erlöschen der Brennerflamme fest, worauf er das Sicherheitsventil (10) schließt. Der Steuerautomat (9) versucht dann den Brenner (1) erneut zu zünden, wobei das Sicherheitsventil (10) an Netzspannung gelegt wird, die dadurch über die Leitung (16) auch der Regelschaltung (7) übermittelt wird. Der Zündversuch kann jedoch nicht gelingen, weil



das Gasmagnetventil (4) geschlossen ist. Nach mehreren, beispielsweise vier, vergeblichen Zündversuchen, geht der Steuerautomat (9) auf "Störung" und meldet "keine Zündung möglich".

Die Regelschaltung (7) zählt die Zündversuche des Steuerautomaten (9) und öffnet dann nach einer gewissen Zeit, beispielsweise 10 s nach dem Ende des vierten Versuchs, den Abschalter (12), so daß der Steuerautomat (9) nun zur Sicherheit auch das Sicherheitsventil (10) schließt. Es ist damit eine hohe Betriebssicherheit erreicht, wobei die im Steuerautomaten (9) vorhandenen Sicherheitsmerkmale ausgenutzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Gasbrenners, insbesondere Gasgebläsebrenners (1), wobei von einer Regelschaltung (7) ein von einer im Flammenbereich angeordneten Ionisationselektrode (5) abgeleitetes Ionisationssignal ( $U_i$ ) erfaßt wird, und das Gas-Luftverhältnis ( $\lambda$ ) durch Änderung des dem Brenner (1) zugeführten Gas- und/oder Luftvolumenstroms auf einen Lambdasollwert  $> 1$  geregelt wird, dem ein Sollwert ( $U_{is}$ ) des Ionisationssignals entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß ein zugelassener Regelbereich (RB) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) festgelegt wird, dessen oberer Grenzwert ( $U_{io}$ ) kleiner als der Maximalwert ( $U_{im}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) ist, und dessen unterer, noch einen emissionsarmen Betrieb gewährleistender Grenzwert ( $U_{iu}$ ) über einem Endwert ( $U_{ie}$ ) liegt, bei welchem die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist, und daß von der Regelschaltung (7) ein Abschaltsignal für den Brenner erzeugt wird, wenn das Ionisationssignal ( $U_i$ ) länger als eine vorgegebene Zeitdauer den zugelassenen Regelbereich (RB) verläßt, und daß beim Unterschreiten des unteren Grenzwerts ( $U_{iu}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) und beim Unterschreiten des Sollwerts ( $U_{is}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) bei einem Lambdawert  $< 1$  infolge Mitkopplung der Regelschaltung (7) der Gasvolumenstrom erhöht bzw. der Luftvolumenstrom gedrosselt wird, und zwar bis zu dem Endwert ( $U_{ie}$  bzw.  $U_{iu}$ ), bei welchem die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist und bei dessen Erreichen ein weiteres Abschaltsignal von der Regelschaltung (7) für den Brenner (1) erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Abschaltsignal die Regelschaltung (7) den Brenner (1) erneut startet und daß dann, wenn mehrmals nacheinander eine solche Regelabschaltung erfolgt, die Regelschaltung (7) eine Störabschaltung vornimmt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das die vorgegebene Zeitdauer bestimmende Zeitglied zurückgesetzt wird, wenn das Ionisationssignal ( $U_i$ ) innerhalb der vorgesehenen Zeitdauer in den Regelbereich (RB) zurückkommt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Abschaltsignal den Brenner (1) nach einer Verzögerungszeit abschaltet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Endwert ein Maximalwert und/oder Minimalwert des Steuersignals ( $J$ ) für das Gasmagnetventil (4) ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen des Maximal- und Minimalwertes des Steuersignals ( $J$ ) des Gasmagnetventils (4) dies elektronisch erfaßt, und der Brenner (1) durch Schließen eines Sicherheits-Gasventils (10) abgeschaltet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Startsignal für den Brenner (1) der Gasvolumenstrom bei konstanter Gebläsedrehzahl rampenförmig erhöht wird, bis der Brenner zündet und danach bis zum Ablauf einer vorgegebenen Sicherheitszeit ( $T$ ) der Gasvolumenstrom konstant gehalten wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (7) Regelabweichungen ( $d$ ) oberhalb des Sollwerts des Ionisationssignals ( $U_{is}$ ) stärker ausregelt als Regelabweichungen unterhalb des Sollwerts des Ionisationssignals.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (7) Regelabweichungen ( $d$ ) erst ab einer bestimmten Größe weiterverarbeitet.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Steuersignal ( $J$ ) für das Gasmagnetventil (4) ein Wechselanteil überlagert ist.

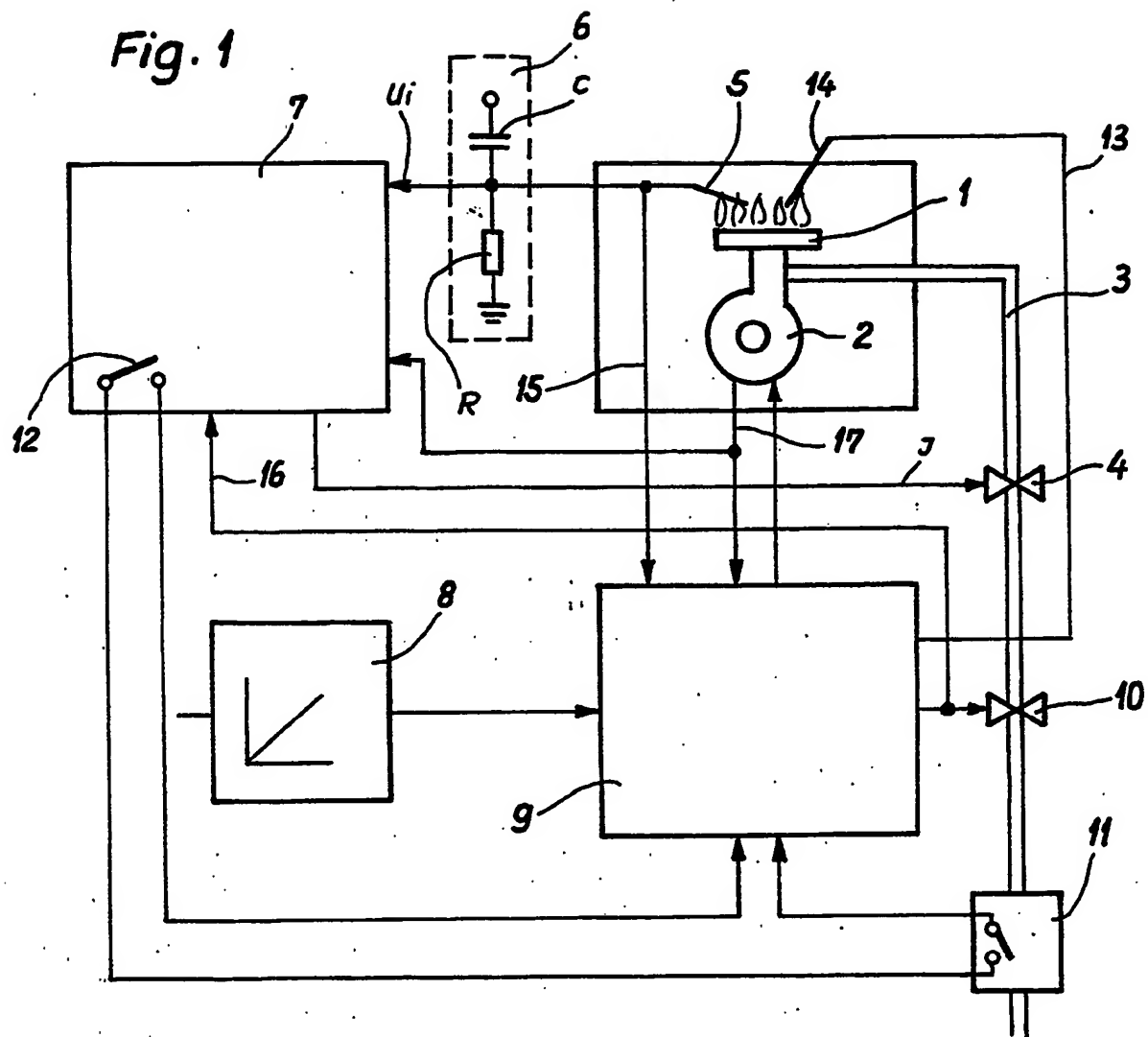
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Erreichen eines oberen Schwellwerts ( $J_1$ ) des Steuersignals ( $J$ ) die Regelschaltung (7) auf einen niedrigen Sollwert ( $U_{isn}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) umschaltet und danach bei Erreichen eines unteren Schwellwerts ( $J_2$ ) des Steuersignals ( $J$ ) auf den vorherigen Sollwert ( $U_{is}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) zurückschaltet.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (7) in regelmäßigen Intervallen auf einen Kalibriervorgang für das Ionisationssignal ( $U_i$ ) umschaltet.

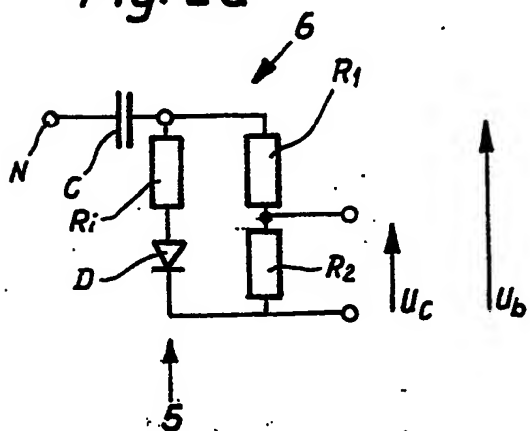
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Kalibriervorgang das Steuersignal ( $J$ ) für das Gasmagnetventil (4) zunächst auf einen für eine Vorerhitzung der Ionisationselektrode (5) geeigneten Wert gebracht wird und danach das Steuersignal ( $J$ ) erhöht wird, bis der Maximalwert des Ionisationssignals ( $U_i$ ) durchfahren ist und der sich ergebende Wert zur Kalibrierung ausgewertet wird.

14. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung des Gasbrenners (1) ein an sich bekannter Steuerautomat (9) mit Sicherheitsventil (10) und Gasdruckwächter (11) vorgesehen ist, und daß die Regelschaltung (7) ein Gasmagnetventil (4) steuert und das von ihr erzeugte Abschaltsignal an den Steuerungsautomaten (9) gelegt ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



**Fig. 2a**



**Fig. 2b**

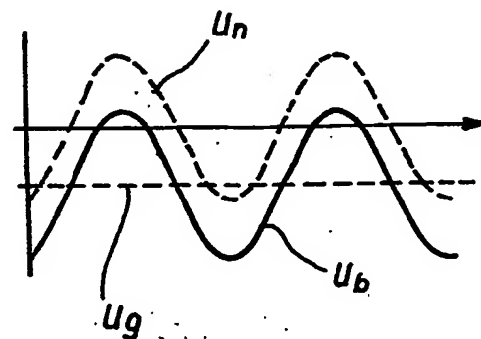


Fig. 3

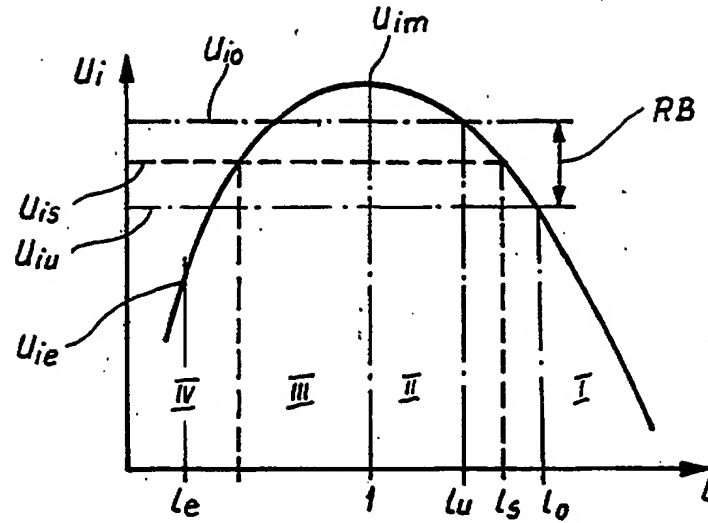
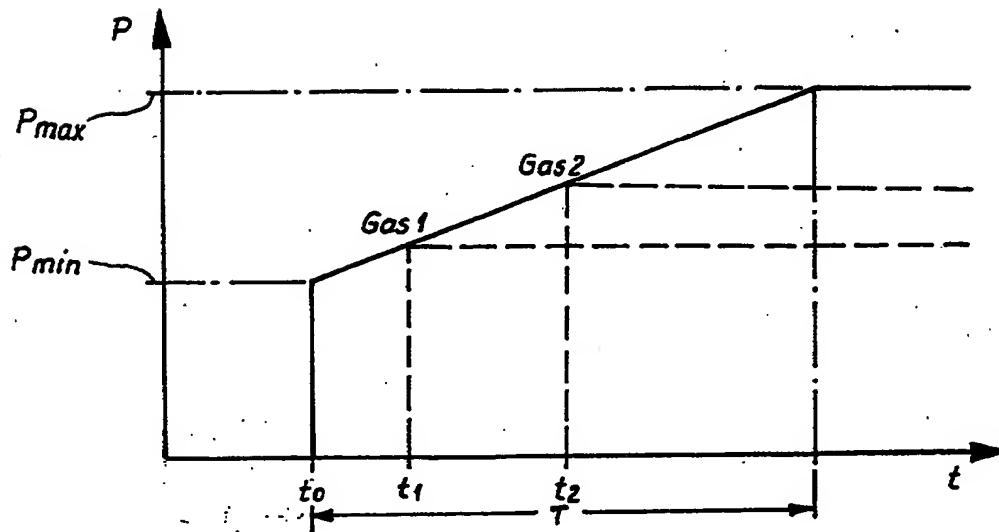
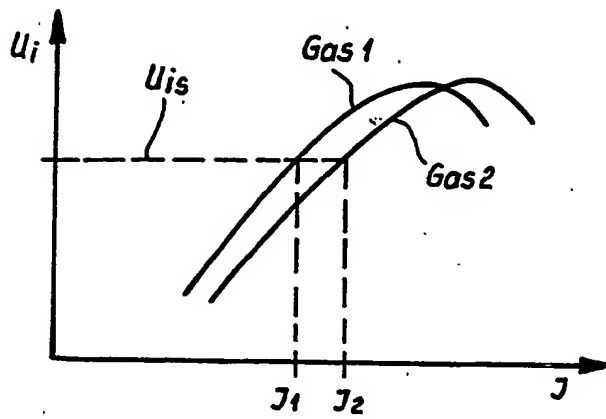


Fig. 4

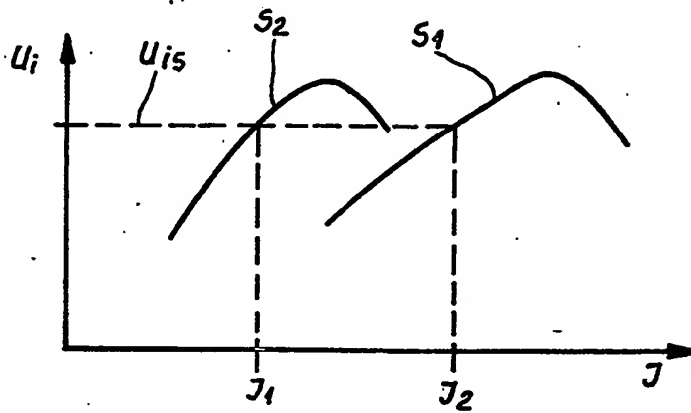




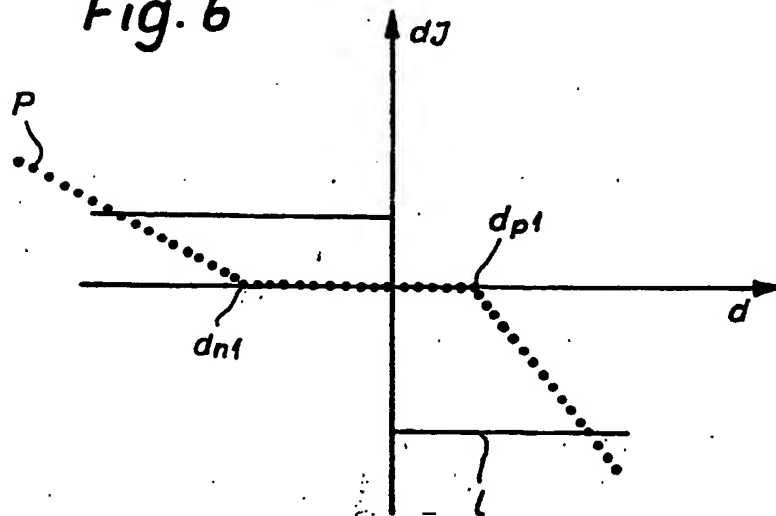
**Fig. 5a**



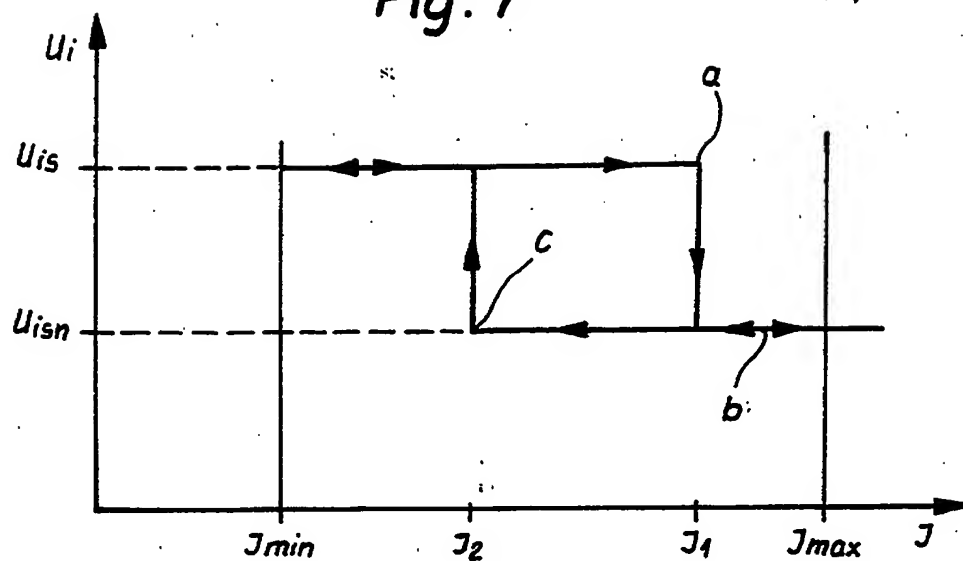
**Fig. 5b**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**

